

3. 2. 4 陸域活構造調査

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8か年の年次実施計画
 - 1) 平成25年度
 - 2) 平成26年度
 - 3) 平成27年度
 - 4) 平成28年度
 - 5) 平成29年度
 - 6) 平成30年度
 - 7) 平成31年度
 - 8) 平成32年度
- (e) 平成25年度業務目的

(2) 平成25年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成26年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

2.4 陸域活構造調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所	助教	石山 達也
	教授	佐藤 比呂志
	特任研究員	加藤 直子
首都大学東京都市環境学部	教授	鈴木 毅彦
信州大学教育学部	准教授	廣内 大助
地域地盤環境研究所	研究員	越後 智雄
名古屋大学減災連携研究センター	特任研究員	松多 信尚
岩手大学工学部	准教授	越谷 信
愛知教育大学	教授	戸田 茂
新潟大学理学部	教授	豊島 剛志
新潟大学理学部	講師	小林 健太

(c) 業務の目的

陸域の変動地形学的調査と地下構造調査を組み合わせ、沿岸域の震源断層モデルの高度化に資する資料を得る。

(d) 8か年の年次実施計画

1) 平成25年度：

飛騨山脈北縁から能登半島北方海域で実施される海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

2) 平成26年度：

昨年度・今年度の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

3) 平成27年度：

引き続き海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質

学的な解析を行う。

4) 平成28年度：

引き続き海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

5) 平成29年度：

引き続き海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

6) 平成30年度：

引き続き海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

7) 平成31年度：

引き続き海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

8) 平成32年度：

調査領域の陸域部の活構造について、前年度までの調査結果をとりまとめ、その結果を震源断層モデル構築のための基礎資料として提供する。

(e) 平成25年度業務目的

飛騨山脈北縁から能登半島北方海域で実施される海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

(2) 平成25年度の成果

(a) 業務の要約

海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造である呉羽山断層南部の活動性や浅部形状を明らかにするために、高精度浅層反射法地震探査を実施し、そのイメージングを行った。

(b) 業務の成果

呉羽山断層は、富山平野とその西側に位置する呉羽丘陵の境界部に位置する、北北東走向の逆断層である¹⁾²⁾³⁾⁴⁾(図1)。呉羽山断層に沿っては第四紀後期から完新世の地形面や地層を累積的に変形させる証拠が分布し、当地域の地形・地質の構造的な落差に寄与した主要な活断層である(図2)。その一方で、断層構造そのものや変動地形と断層構造の関係については不明な点が多い。呉羽山断層で過去に実施された反射法地震探査⁵⁾によれば、断層面は地表から地下1.5 kmまでは中角度で西に傾斜するが、地下1.5 km程度ではほぼ水平なデコルマとなると考えられる(図3)。このような薄皮褶曲衝上断層構造が呉羽山断層を代表する形状とするには疑問があり、浅部の複雑な構造や変動地形と深部構造を結びつけて論じるためには地下浅部の高解像度イメージングを行う必要がある。さらに、呉羽山断層を含む北陸地域に分布する活断層は、富山トラフの長軸と平行な概して北北東走向の逆断層であり、日本海拡大時に形成された背弧リフトの西部に位置しており、新潟地域などの日本海側の逆断層と同様に背弧リフトの構造に規制された活構造であると予察されるが、その実態については未解明である。そこで、呉羽山断層南部を横断する測線(音川測線)において浅部の高解像度反射法地震探査を実施した(図4)。

本実験では独立型収録システムGSR-1/GSX-1(OYO Geospace社製)およびMS-2000(地球科学総合研究所製)と、震源として中型バイブレーターEnviroVib(IVI社製)1台を用いた。測線は富山市婦中町十五丁から同細谷の約8 km区間である(図5)。主なデータ取得パラメータは以下の通りである(表1も参照):受振・発震点間隔:10 m、展開チャンネル数:800 ch、スイープ長:16 sec、スイープ周波数:10-100 Hz、地震計固有周波数:10 Hz、サンプリング間隔:2 msec、平均垂直重合数:5回。測線の東半部は幹線道路に位置することから、ノイズレベルは概して高かったが、可能な限り機器を本道から話して設置するなど、ノイズ低減に注意を払った。測線西半部ではノイズレベルは低く、殆どのショット記録においてS/N比の高い良好な記録が得られた(図6)。

この観測記録を用いて、Super-XC((株)地球科学総合研究所製)を使用した共通反射点重合法に基づくデータ解析を行った。その結果、呉羽山断層およびその下盤側の地下1.5 kmまでの良好なイメージが取得できた(図7、8)。それによれば、後期更新世の段丘面の東向き撓曲崖基部は呉羽丘陵南部の複背斜構造を限る向斜軸とおおよそ一致している。複背斜構造の構造的な特徴から、ここでは呉羽山断層はウェッジ・スラストである可能性が高い(図9)。このような断層構造の特徴は、上述した呉羽丘陵北部で得られている薄皮褶曲衝上断層とは明確に異なるものである。また、呉羽山断層下盤側の富山平野下には伏在する撓曲構造の存在が認められる。今後は、変動地形・表層地質などとあわせて呉羽山断

層の浅部地質構造について詳細な解析を進める予定である。

また、本年度以降数年にわたって北陸地域を含む広域の構造探査が実施され、陸域もカバーするため、今年度を含むこれまでの構造探査などのデータに基づいて北陸地域の活断層・変動地形についての概観を試みる。

北陸地域に分布する活断層は、富山トラフの長軸と平行な概して北北東走向の逆断層であり¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、日本海拡大時に形成された背弧リフトの西部に位置している。これらは新潟地域などの日本海側の逆断層と同様に背弧リフトの構造に規制された活構造であると予察されるが、その実態については未解明である。文部科学省の「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として、2013年に上越～北陸沖での地殻構造調査が実施された⁶⁾。そこで、変動地形・地質構造の特徴と構造探査データに基づき、北陸地域の活断層・変動地形と地殻構造の特徴について述べる。

新生代以降の北陸地域の地形・地質を概観すると、その特徴は(1)富山トラフ東側の隆起・傾動帯（飛騨山地北西縁）、(2)富山平野、砺波平野などの沈降域と新第三系～第四系からなる丘陵、(3)富山トラフ西側の隆起帯（能登半島）に大別される。富山トラフを横断する構造探査では、このような地形・地質的特徴に対応して、富山トラフは構造的な低所に、その両側の飛騨山地北西縁および能登半島は構造的な高所をなしていることが分かった。さらに、Hi-netのデータを用いた地震波トモグラフィによる速度構造を見ると⁷⁾、富山トラフの地下には、北部フォッサマグナと同様の地殻の薄化現象が認められ、日本海拡大時の主要なリフト軸の一つであったと考えられる。(2)の逆断層は、このようなリフト軸近傍の最も活発な正断層運動と、比較的厚い地溝充填堆積物が生じた場所に分布しており、このような構造に規制された活構造と理解される。

また、重力異常データを見ると、富山平野・砺波平野などの堆積平野下に伏在する逆断層が数多くあると考えられる。さらに重要な点として、2013年に実施された構造探査では、富山トラフと東側の飛騨山脈の間には大規模な逆断層が見出された。(1)はこのような背弧リフトの端部を規制する地殻規模の断層に起源を持つ逆断層運動による隆起・傾動帯である可能性が高い。飛騨山地北西縁部に分布する新第三系の同斜構造は、両白山地北西縁に北西方向に続く。この縁辺の平野部では段丘面の傾動や海成段丘面の分布が認められており、crustal wedgeによる隆起・変形を反映している可能性がある。また、2013年の構造探査では富山トラフと能登半島の間にも大規模な逆断層が見つかっており、能登半島の隆起に寄与した可能性がある。

このように、(1)～(3)の地形・地質学的な特徴と、深部構造探査による地殻構造の特徴には共通して説明できる点が多く、また隣接する北部フォッサマグナや新潟地域など中絶した背弧リフト帯の構造および第四紀のテクトニクスの特徴との類似点が多く認められる。

(c) 結論ならびに今後の課題

海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造である呉羽山断層南部の動性や浅部形状を明らかにするために、高精度浅層反射法地震探査を実施し、良好な記録を得るとともに、共通反射点重合法による反射法解析を行い、そのイメージングを行った。また、北陸の活断層についてレビューを行った。その結果、呉羽山断層南部の形状が、北部とは異なり中角度の **thick-skinned thrust** であることがわかった。今後は、変動地形・

表層地質や重力データなどとあわせて呉羽山断層の浅部地質構造について詳細な解析を進め、断層の浅部形状やその走向方向の不均質性について検討を進める。

(d) 引用文献

- 1) 活断層研究会編：「新編日本の活断層－分布図と資料－」. 東京大学出版会, 437p., 1991.
- 2) 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編：第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254p, 2002.
- 3) 中田 高・今泉俊文編：活断層デジタルマップ, 東京大学出版会, 2002.
- 4) 堤 浩之・東郷正美・渡辺満久・中村洋介： 1：25,000 都市圏活断層図「富山」. 国土地理院技術資料, D1-No. 396, 2002.
- 5) 富山県・富山県活断層調査委員会： 呉羽山断層に関する調査について, 平成7年度・平成8年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集, 51-54, 1997.
- 6) 佐藤比呂志ほか（本報告）.
- 7) Matsubara, M. and K. Obara: The 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku earthquake related to a strong velocity gradient with the Pacific plate, Earth Planets Space, 63, 663-667, 2011
- 8) 原山 智・滝沢文教・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久: 20万分の1地質図幅「富山」, 地質調査所, 1996.
- 9) 鹿野和彦・原山 智・山本博文・竹内 誠・宇都浩三・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久: 20万分の1地質図幅「金沢」, 地質調査所, 1999.
- 10) 山田直利・野沢 保・原山 智・滝沢文教・加藤碩一・広島俊男・駒澤正夫: 20万分の1地質図幅「高山」, 地質調査所, 1989.
- 11) 藤井昭二・相馬恒雄・後藤道治・神島利夫・清水正之・金子一夫・河野芳輝： 10万分1富山県地質図説明書. 富山県, 201p, 1992.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成26年度業務計画案

昨年度・今年度の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

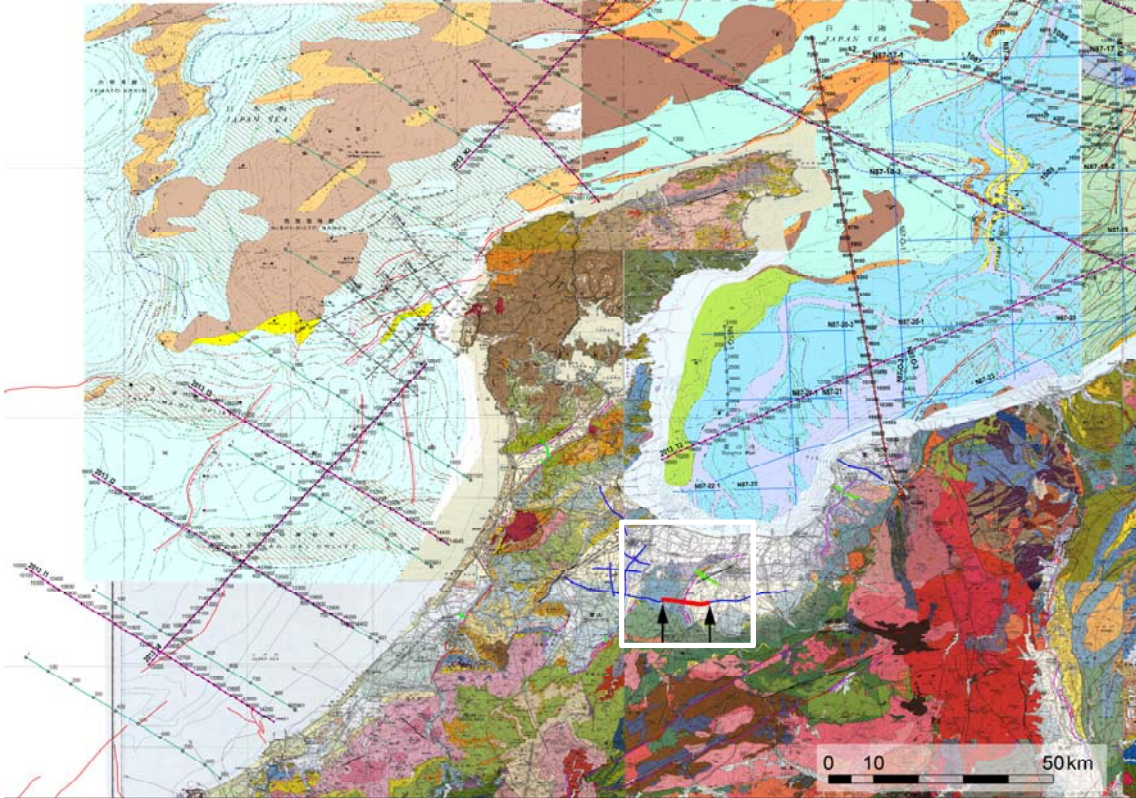


図1 呉羽山断層南部・音川測線の概略位置図。背景は地質調査所発行の20万分の1地質図⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾および海洋地質図、活断層の位置¹⁾および本プロジェクト(3.2.3参照)の構造探査測線の位置を示す。青線は石油公団の大深度反射法地震探査の測線、緑線は既往の浅層反射法地震探査測線の位置を示す。図4の位置を矩形で示す。



図2 呉羽丘陵の斜め写真。南東側を望む。中央部に井田川と北陸自動車道が見える。丘陵北部(写真右半部)および南部(写真左奥)と富山平野の地形的起伏の差異が明瞭。

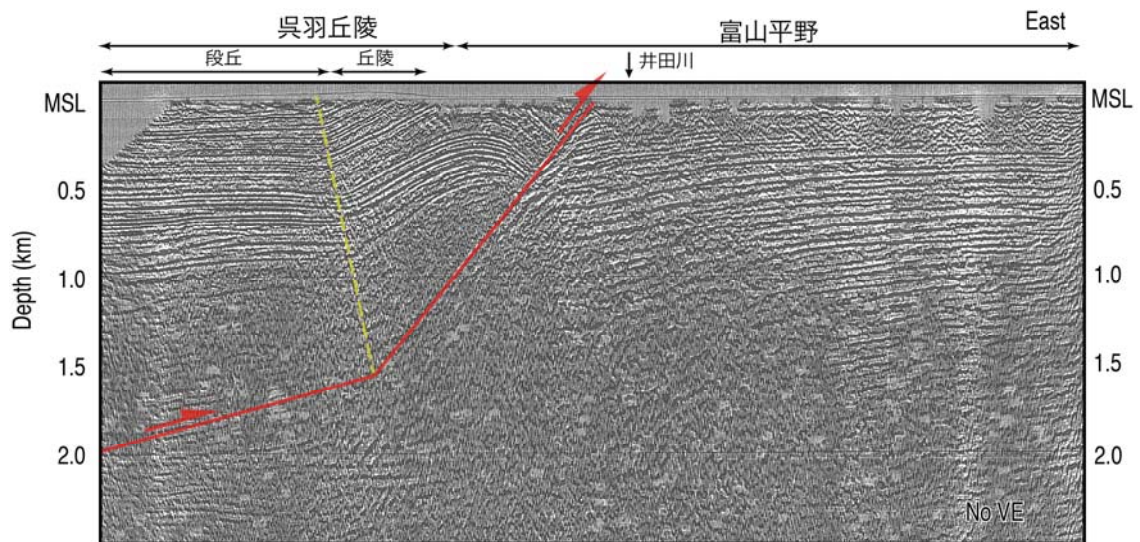


図 3 呉羽山断層北部の反射断面 5)。

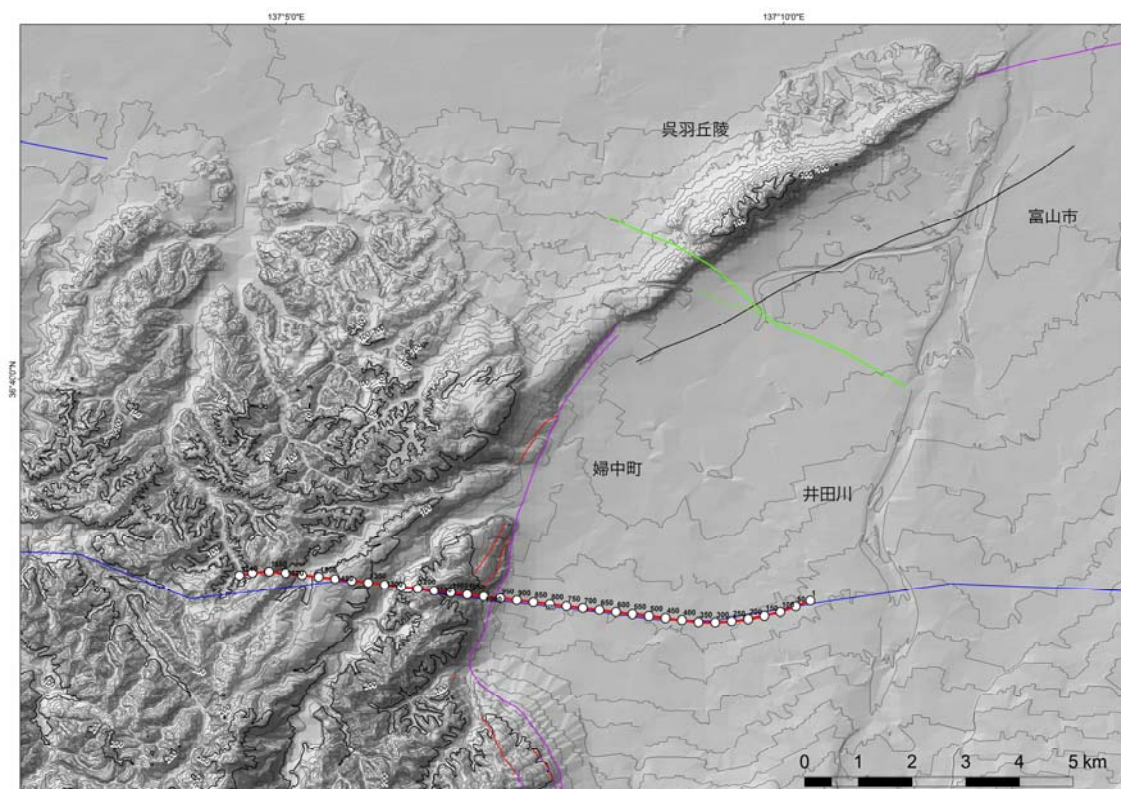


図 4 呉羽山断層南部・音川測線の CDP 重合測線の位置図。番号は CDP 番号を示す。青線は石油公団の大深度反射法地震探査の測線、緑線は既往の浅層反射法地震探査測線の位置を示す。

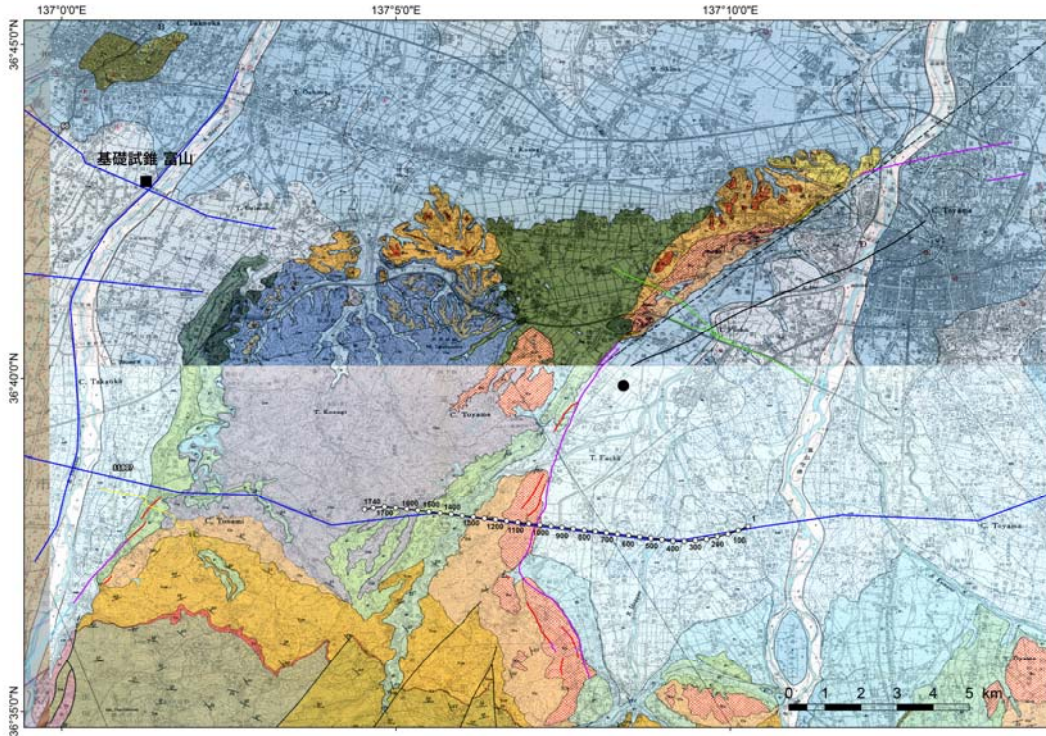


図 5 呉羽山断層南部・音川測線周辺の地質図 8)9)10)。

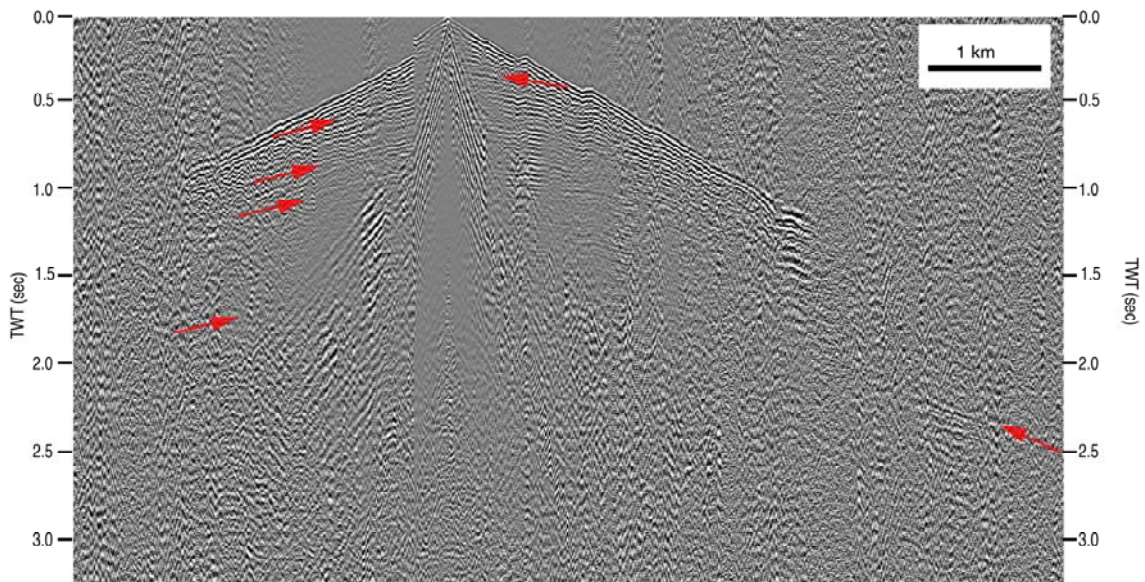


図 6 屈折用の集中発震による往復走時記録の例。多数の反射波が認められる。

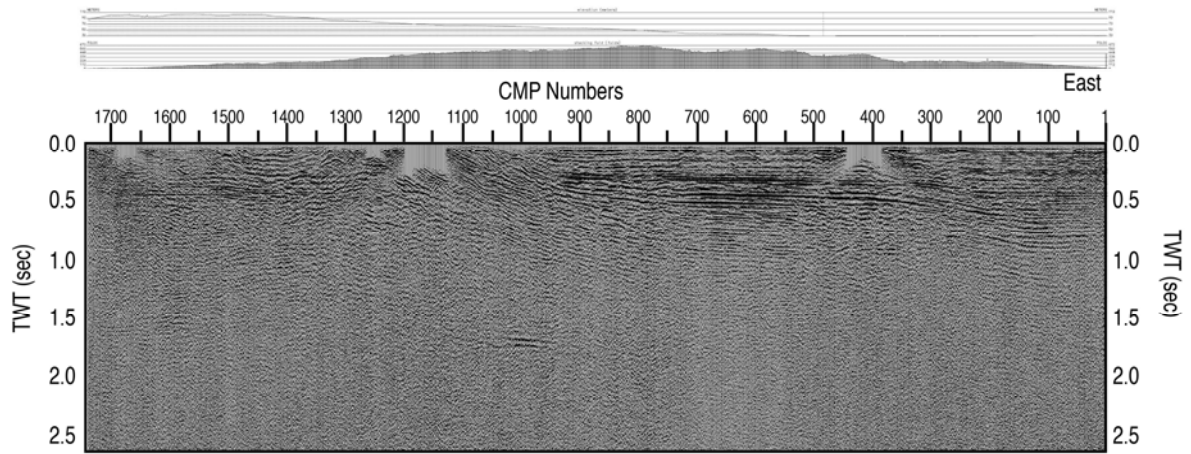


図 7 音川測線の重合時間断面図。

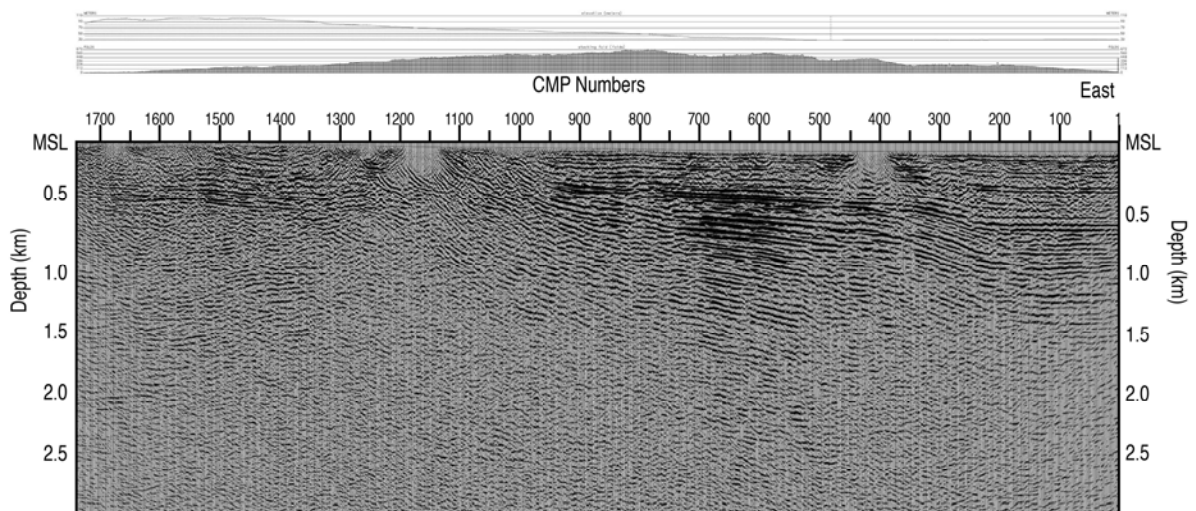


図 8 音川測線の深度断面図。

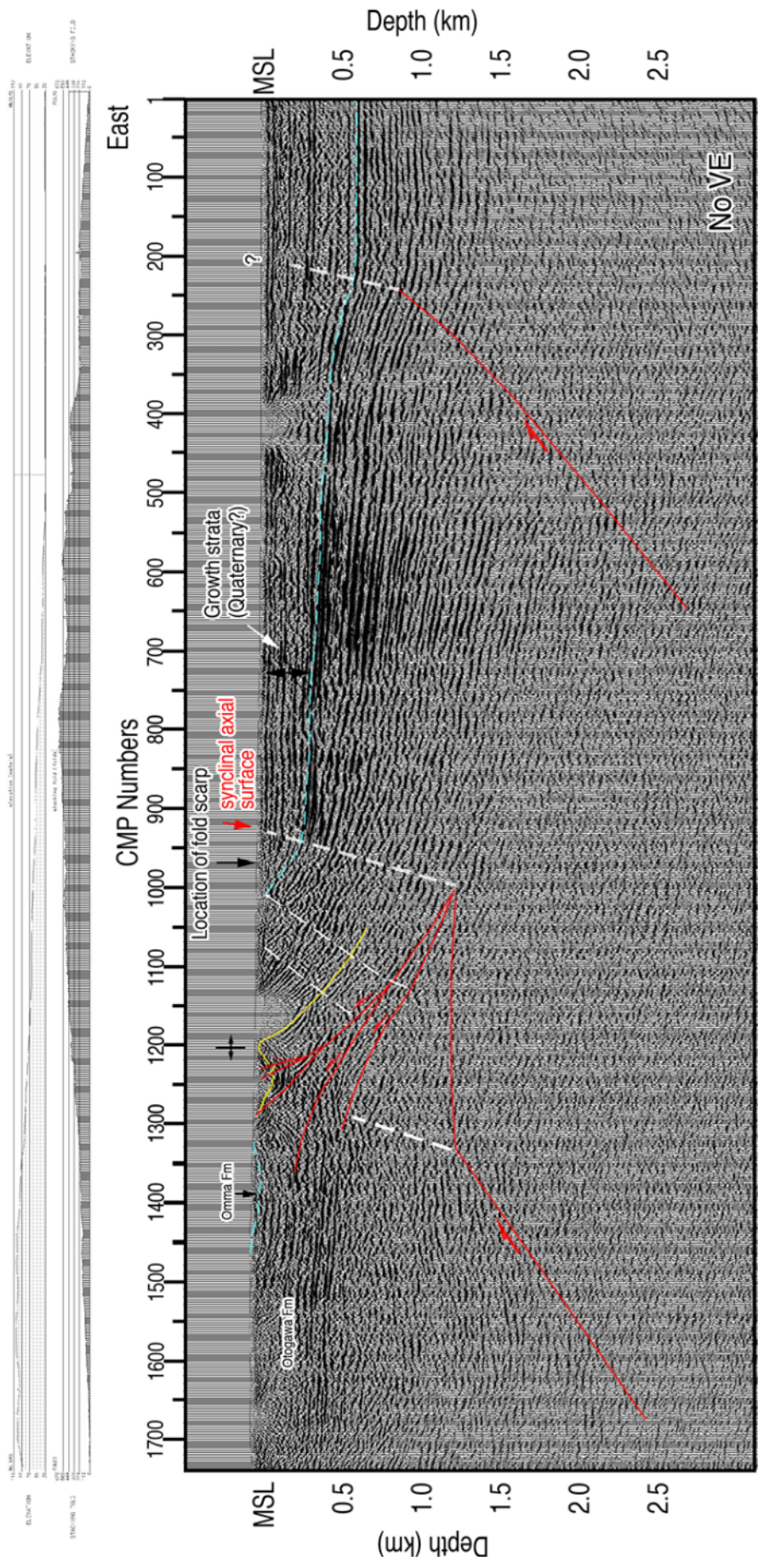


図9 音川測線の深度断面の暫定解釈図。

表 1 音川測線の観測パラメーター一覧。

震源	EnviroVib	
探鉱機	GSR-1	550台
	GSX-1	200台
	MS-2000	30台
地震計	GS-ONE	640台
	SM-7 3S 10Hz	240台
チャンネル数	800ch	198点
観測点数	GSX-1	
	MS-2000	79点
サンプリング間隔	2 msec	
受振点間隔	10 m (南北方向のみ20m間隔)	
発震点間隔	10 m (南北方向のみ20m間隔)	
発震点数	反射	779点
	屈折	9点
発震周波数	10Hz~100Hz	
スイープ長	16秒	
スタック数	反射	5
屈折点でのスタック数	屈折	20

